

ESTADO DEL ARTE DE LA QUINUA EN EL MUNDO EN 2013



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Secretaría del Año Internacional de la Quinua: Salomón Salcedo (FAO)
Coordinación General del Año Internacional de la Quinua: Tania Santivañez (FAO)
Coordinación científica y técnica: Didier Bazile (CIRAD)
Edición científica: Didier Bazile, Daniel Bertero y Carlos Nieto
Revisión de textos y estilo: Raúl Miranda
Diseño: Marcia Miranda
Colaboradores: Sara Granados y Gonzalo Tejada

Para citar el libro completo:

BAZILE D. et al. (Editores), 2014. "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas

Para citar solo un capítulo:

AUTORES, (2014). Título del capítulo. Capítulo Numero XX. IN: BAZILE D. et al. (Editores), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. XX-YY

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.
ISBN 978-92-5-308558-3 (PDF)

© FAO, 2014

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios. Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

SUB PARTE 6.3. ÁFRICA

CAPÍTULO: 6.31

TÍTULO: EVALUACIÓN DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINUA* WILLD.) Y ADAPTACIÓN A LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE MALI, ÁFRICA OESTE: UN EJEMPLO DE COLABORACIÓN SUR-NORTE-SUR

*Autores para correspondencia: Amadou K. COULIBALY <akonotie@yahoo.fr>; Enrique A. MARTÍNEZ <enrique.a.martinez@ceaza.cl>
COULIBALY, A.K.^{a*}, SANGARE, A.^a, KONATE, M. ^a, TRAORE, S. ^a, RUIZ, K.B.^b, MARTINEZ, E. A.^{b*}, ZURITA, A.R.^{b,e}, ANTOGNONI, F.^c, BIONDI, S.^c, MALDONADO, S.^d, LEON, P.^e, BAZILE, D.^f

^a IPR/IFRA de Katibougou, Mali

^b CEAZA, La Serena (Chile)

^c Departamento de Botánica -Universidad de Bologna (Italia)

^d Departamento de Biología Universidad de Buenos Aires (Argentina)

^e INIA-Intihuasi, Banco Base de Vicuña, La Serena, (Chile)

^f UPR GREEN, CIRAD, TA 47/C/ Campus International de Baillarguet, Montpellier (France)

Resumen.

La adaptación de quinua en Mali, África del Oeste, se probó dada la similitud de las condiciones agroclimáticas estresantes con el centro-norte de Chile. Las variedades campesinas usadas fueron en su mayoría de Chile (A64, BO25, BO78, PRP, PRJ, UDeC9, R49, VI-1, Regalona, Mix) más dos cultivares de cosechas Argentinas (Roja Tastina y Sajama, variedad Boliviana) y uno más proveniente de Bolivia. Los ensayos comenzaron en el 2007 y se han extendido hasta el presente. Se probaron siembras en temporada de lluvias (junio a octubre) y en temporada seca (noviembre a marzo). Se evaluaron plagas, enfermedades y rendimientos considerando las condiciones ecológicas de almacenamiento de granos y manejos más sustentables del suelo (compost). Algunos cultivares altiplánicos resultaron recalcitrantes (A64, R49 y MIX) mientras que se tuvo rendimientos más aceptables (1-2 Ton/

ha) para las variedades campesinas del centro-sur de Chile. Las semillas deben idealmente sembrarse cada estación para evitar degradación de su vigor a la germinación por la humedad ambiental y altas temperaturas debido a condiciones naturales para la conservación *in situ* en zonas tropicales. El ciclo de cultivo puede ser desde 90-100 días para las accesiones de Chile, hasta 108-119 días para las accesiones de Argentina. Las panojas pueden ser atacadas por hongos que deciman la producción en la estación de lluvias. Se nota también la presencia de insectos fitófagos que pertenecen a los géneros *Bemisia*, *Aphis*, y *Aspavia*, mientras que Coccinélidos depredan sobre éstos, como control biológico. La quinua mejoraría la oferta proteica de alta calidad en África. Posibles plagas en temporadas húmedas, ataques de insectos son tal vez controlables con manejos ecológicos, usando saponinas de las mismas quinuas. Limitante será la energía para usar aguas no fácilmente disponibles en la estación

seca y para el desaponificado mecánico. El uso y aceptación por la población puede estimarse alto dada la experiencia de introducción de otros cultivos de América (papas, maíz, tomates) en este continente y la similitud culinaria con el mijo y el arroz.

Contexto y problemáticas al introducir quinua en esta parte del mundo.

África está entre las regiones del mundo con mayores problemas de nutrición donde la mayoría de los países presentan más del 20% de su población en desnutrición y donde la mortalidad infantil antes de los cinco años sobrepasa el 75%. En todo el cinturón del Sahel se estima que 1,1 millones de niños menores de 5 años estaban en 2012 en riesgo de desnutrición aguda grave. Por ello en abril, UNICEF lanzó SahelNOW, una campaña para crear conciencia mundial sobre la crisis inminente. Por primera vez en la historia, los Comités Nacionales y las oficinas de UNICEF

se unieron para participar en las redes sociales como medio principal de comunicación para la promoción y recaudación de fondos. La campaña movilizó a Embajadores de Buena Voluntad de UNICEF a nivel nacional y mundial para alertar al mundo sobre la convergencia de una serie de condiciones que amenazaban el estado nutricional de los niños en nueve países: Burkina Faso, Camerún, Chad, Gambia, Malí, Mauritania, Níger, Nigeria y Senegal. SahelNOW impulsó la cobertura en los medios de comunicación convencionales y fue considerada en CNN como una innovación. Los Comités Nacionales de UNICEF recaudaron 29,8 millones de dólares en 2012, lo que contribuyó a proporcionar tratamiento para salvar la vida a más de 920.000 niños gravemente desnutridos menores de 5 años (UNICEF 2013). Por otra parte el déficit crónico de lluvias en toda la región subsaheliana es de los mayores registrados en los estudios del Panel Internacional de Cambio Climático (Figura 1).

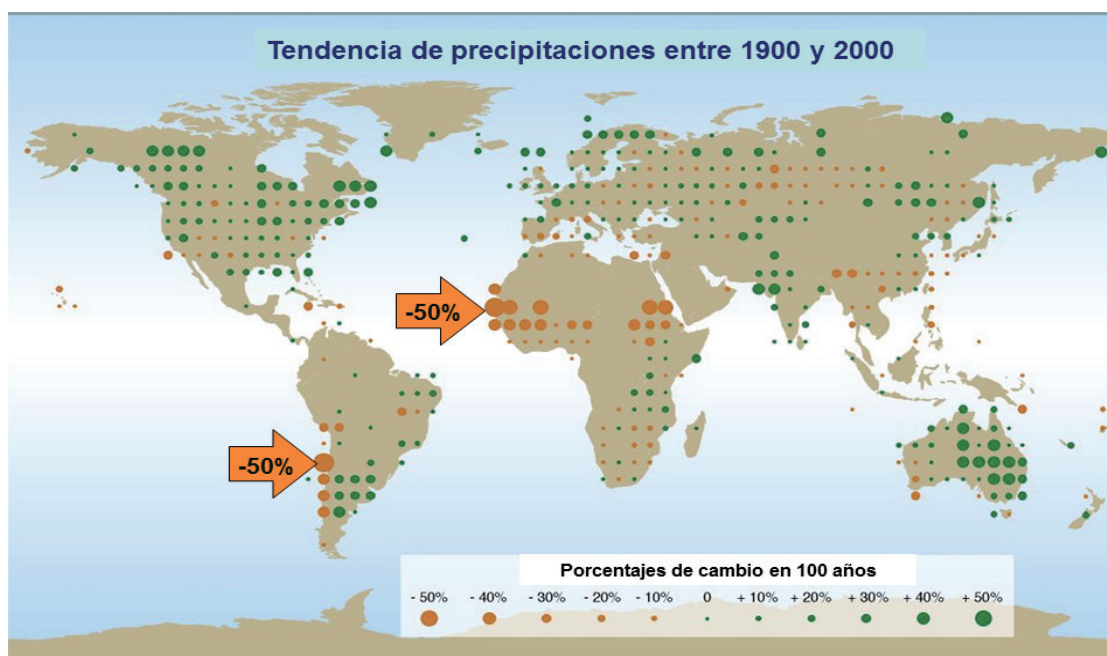


Figura 1. Mapa del balance mundial de pluviometría (déficit/exceso en 100 años). El déficit mayor al 50% (flechas) en algunos lugares del área subsahariana es comparable al de Chile centro-norte (Región de Coquimbo). Fuente IPCC 2001.

La seguridad alimentaria de su población corresponde al principal objetivo de la agricultura de esta zona, así como la agricultura de subsistencia es la actividad principal en toda esta región, aunque se venden de forma regular algodón, maíz, maní, entre otros cultivos para generar ingresos a las familias. En el caso de Mali (África Oeste) cerca del 90% de la población vive de la producción de cereales, mayoritariamente de Sorgo, Mijo, Maíz y Arroz, cuyo rendimiento oscila en torno a 1 ton/ha (Soumaré *et al.* 2008). Además de la sequía, la duración de la estación de lluvias es muy variable. Los suelos son muy pobres y tienen factores limitantes respecto a ciertos elementos (Al, Fe) (Gigou, 1987; Gigou *et al.* 1998; Traoré *et al.* 2004).

Estas condiciones difíciles generan grandes fluctuaciones en las producciones anuales, mientras que hay que asegurarlas para una población con alta tasa de crecimiento. En este contexto la diversificación de la agricultura y el mejoramiento de los suelos se ven más próximas como herramientas para combatir estos problemas. Una agricultura agroecológica (Altieri 1995) propone una solución adaptada a la situación cuando otras alternativas más tecnológicas como los abonos químicos o la modificaciones genéticas son de alto costo para una población con capacidad limitada de financiamiento, considerando también que estas tecnologías aumentan el efecto de gases con efecto invernadero, no son sustentables y/o están lejos del alcance económico de los países en desarrollo (Anon. 2010).

En este contexto aparece el potencial de la quinua como una planta de alto valor nutritivo que además es tolerante a varios tipos de estrés abióticos. Así la introducción de la quinua podría ser una alternativa de diversificación de los sistemas de cultivos en muchos países (Glass & Johnson, 1974; Jacobsen, 2003; Jacobsen *et al.*, 2003) que comparten problemas de sequía, inseguridad alimentaria y de pobreza como los de Mali, razón por la cual la FAO declaró 2013 el Año Internacional de la Quinua (AIQ) justo un año antes del año 2014 que será el Año Internacional de la Agricultura Familiar.

Históricamente, para enfrentar condiciones de vida difíciles, los agricultores de África han sido siempre abiertos a la experimentación de nuevas variedades o cultivos para mejorar sus condiciones de vida (Chevassus-au-Louis y Bazile, 2008; Louafi *et al.* 2013). Los sistemas campesinos de semillas

fortalecen los intercambios entre campesinos para sostener esta capacidad permanente de introducción y experimentación de nueva agrobiodiversidad (Bazile *et al.* 2008; Coulibaly *et al.* 2008) aunque siempre el riesgo de pérdida de una parte de la biodiversidad local tiene que ser cuidadosamente evaluado (Bazile, 2006) antes de amplificar la producción.

Recuento histórico de las áreas de investigación y disciplinas involucradas durante el período 2006-2013.

Durante al año 2006 se inició un estudio entre equipos de Italia, Argentina, Chile y Mali sobre los mecanismos de tolerancia de las quinuas chilenas al estrés por sal. Aunque el tema central era el descubrimiento de los mecanismos de tolerancia al estrés salino en *Chenopodium quinua* (Willd.), los mismos genes también confieren tolerancia a otros estrés relacionados a la calidad y cantidad de agua disponible como son la sequía y las heladas (ver Capítulo 2.2 de este libro). La misión del equipo de Mali consistía realizar evaluaciones de campo sobre la adaptabilidad de variedades registradas y campesinas de quinua, particularmente para estudiar su tolerancia a las condiciones edafo-climáticas de Mali. Esta tarea comenzó en el año 2007 luego de que un investigador del Institut Polytechnique Rural (IPR) de Mali estuvo seis meses en Chile (CEAZA) y Argentina (Universidad de Buenos Aires e INTA) aprendiendo las nociones básicas de este cultivo de los Andes del Sur.

Los ensayos realizados en Mali a partir del 2007 involucran las pruebas de comportamiento de semillas de quinua provenientes de Chile y Argentina. Aprovechando la gran distancia geográfica entre el norte (18°S) y el sur austral (40°S) de Chile se utilizó variedades campesinas del cultivo que se han adaptado hace milenios a distintas combinaciones de fotoperíodo, de temperaturas y de lluvias lo que generó una gran diversidad genética al cultivo (Fuentes *et al.* 2012). De este modo hasta la fecha se han realizado pruebas agronómicas en ciclos de cultivo en estaciones secas y húmedas, agregando pruebas de conservación de semillas ambas actividades bajo protocolos agroecológicos que pretenden realizar una agricultura ecológicamente y económicamente más sustentable. Estudios paralelos en Chile, Italia y Argentina fueron realizados para evaluar las respuestas y mecanismos genéticos que otorgan gran tolerancia a distintos tipos de estrés a una parte de las mismas variedades campesinas ensayadas en Mali (Orsini *et al.* 2012; Ruiz-Carrasco *et al.* 2012).

Recursos genéticos usados y su origen.

Hacia fines de 2007, al término de la estadía del Dr. Coulibaly en Sudamérica, 12 accesiones, de quinua de las cuales 10 chilenas y 2 de Argentina (Cuadro 1) fueron llevadas para las pruebas de adaptación a la zona soudano-saheliana de Mali, en las parcelas

experimentales del IPR/IFRA de Katibougou (75 km al nor-este de Bamako). Los ensayos se han ido sucediendo año en año hasta acumular resultados y semillas que les permiten continuar sus experiencia hasta nuestros días. En los ensayos en estación húmeda se agregó una variedad comercial no precisada (adquirida en el comercio europeo) de origen boliviano.

Cuadro1. Datos de pasaporte de las accesiones de quinua en evaluación en Mali.

Accesión	Origen	Grado de selección	Banco de semillas
A64	Norte altiplánico (Comuna de Colchane)	Por color de semillas (Amarillas)	Universidad Arturo Prat, Iquique
R49	Norte altiplánico (Comuna de Colchane)	Por color de semillas (Rojas)	Universidad Arturo Prat, Iquique
Mix	Norte altiplánico (Comuna de Colchane)	Sin selección	Universidad Arturo Prat, Iquique
PRP	Costa central de Chile (localidad de Palmilla, comuna de Pichilemu)	Sin selección	Colectas CEAZA para Banco Base INIA
PRJ	Costa central de Chile (Comuna de Pichilemu)	Sin selección	Colectas CEAZA para Banco Base INIA
VI-1	Centro de Chile (Comuna de Pichilemu)	Sin selección	Colectas CEAZA para Banco Base INIA
UdeC 9	Costa central de Chile (Comuna de Chanco)	Sin selección	Colecta Univ. de Concepción, Chillán
	Sur de Chile (Comuna de Cunco)	Sin selección	Banco AGROGEN, donación a INIA
BO25	Sur de Chile (Comuna de Collipulli)	Sin selección	Banco AGROGEN, donación a INIA
	Variedad híbrida	Sin selección	Semillas BAER
BO78	Variedad altiplánica (Bolivia/Argentina)	Sin selección	Banco Univ. De Buenos Aires, Argentina
La Regalona		Selección por mejor rendimiento y tamaño de grano	Banco Univ. De Buenos Aires, Argentina
Sajama		Bajo contenido de saponinas	
		Sin selección	
Roja Tastina			
Boliviana	Desconocido	Desconocido	Comercio Europeo

Colaboraciones internacionales.

La colaboración internacional se inició gracias a la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS, por su acrónimo inglés) que junto al Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGEB) llamaron a un concurso internacional de proyectos. La participación de países desarrollados debía poseer representación activa pero debía además incorporar la participación de un país del tercer mundo. Por ello nos presentamos al concurso instituciones de dos países desarrollados (Universidad de Boloña, Italia), más dos centros de investigación de países en vías de desarrollo (Centro de estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA, de Chile y la Universidad de Buenos Aires, Argentina). El país de tercer mundo invitado fue Mali, del África Oeste. En particular gracias a una colaboración previa entre la Universidad de Boloña y un profesor e investigador del Instituto Politécnico Rural y de Formación Agrícola, IPR/IFRA, de Katibougou.

Más tarde otro proyecto entre Francia (CIRAD, IRD, INRA), Mali (IER, ICRISAT) y Chile (CEAZA), financiado por la *Agence National de Recherche* (ANR, 2008-2012) de Francia, permitieron estudiar los sistemas semilleros de quinua en Chile y compararlos con los de Sorgo y Mijo en Mali (Bazile et al, 2011, 2012).

Experimentos realizados y sus resultados.

Los experimentos realizados contemplaron cuatro áreas que comprendieron (1) evaluaciones agronómicas de siembras en estación seca (noviembre a marzo), (2) en estación húmeda (junio a agosto) que es el período preferido por los agricultores dado la mayor

abundancia de lluvias, (3) estudios de germinación y conservación de semillas y (4) de uso de diferentes tipos de compost para mejorar la calidad de los suelos. En todos los estudios hubo especial atención a realizar evaluaciones de la presencia de enfermedades y de insectos que podrían desarrollarse como plagas del cultivo y de otros que podrían ser depredadores de las mismas, como control biológico.

1. Evaluaciones en estación seca.

Las siembras de las variedades chilenas y argentinas de quinua (Cuadro 1) correspondientes a la estación seca se realizaron el 15 de noviembre de 2007 en unidades experimentales de 18 m². Se realizó las siembras de 5-6 semillas en pocillos espaciados a dos densidades (cada 10 y 20 cm) separados por 50 cm entra líneas, excepto las variedades de Argentina, de las cuales se disponía menos material, que se sembraron sólo a la mayor densidad (cada 10 cm). Los riegos se espaciaron cada 15 días (3/4 de capacidad de campo) y cada 10 días desde floración. Como abono se usó sólo compost de guano de ganado bovino (en proporción de 8 ton/ha). Para un segundo período de evaluación en estación seca (2008/09) se utilizó las semillas de plantas que produjeron panojas y granos en el año 2008 (Figura 2). Se sembró esta vez un poco más tardíamente (5 y 15 de diciembre de 2008), en las mismas condiciones del primer período, usando las semillas obtenidas en la cosecha de la primera evaluación. Las semillas de la primera cosecha fueron evaluadas en su capacidad germinativa. No todas resultaron viables (ver sección de resultados).



Figura 2. Plantas de quinua (variedad campesina Roja Tastina) cercanas al tiempo de cosecha en la estación experimental del IPR/IFRA de Katibougou, Mali, en febrero de 2008 (estación seca). Al fondo se observan estanques de agua para proveer de riego por gravedad.

2. Evaluaciones en estación húmeda.

En la estación húmeda (junio-agosto 2009) se hicieron pruebas para verificar resultados de ensayos preliminares realizados en la estación húmeda del período 2008/09 que habían mostrado aparición de hongos que decimaron las panojas (Figura 3). No se usaron los ecotipos altiplánicos

chilenos (A64, R49, MIX) por presentar semillas recalcitrantes (sin germinación) tras la cosecha en la estación seca de Mali. Además de las siembras en forma directa en terreno (en poco más de 0,3 ha) se probó la capacidad de germinación de las semillas en laboratorio (evaluadas a los 5 días, $n=50$ semillas), usando algodón y suelo de las mismas parcelas experimentales.



Figura 3. Planta de la variedad BO78 cuya panoja atacada por un hongo (no identificado) durante la estación húmeda del año 2008 produce una aborto total de toda la panoja apical y un crecimiento arbustivo (muy ramificado) de la planta.

3. Estudios de germinación y conservación de semillas.

Las semillas de quinua que llegaron por primera vez a Mali fueron evaluadas en su capacidad de germinar en sucesivas etapas que implican evaluar su calidad bajo condiciones de conservación a temperatura ambiente. Las temperaturas fluctúan entre 21°C y 26°C con extremas en período seco de 45°C en ambientes externos; en ambientes internos las temperaturas máximas pueden ser 10°C menores. Sin embargo la humedad ambiental máxima puede ser muy alta en todos los períodos (>50%). Por ello se evaluaron los pesos de las semillas antes y después de tres meses de conservación. Desde las primeras producciones de semillas en Mali se evaluó la germinación a las 12 horas, en algodón

humedecido, en condiciones de laboratorio, luego de transcurridos 5, 11 y 12 meses desde la cosecha y también al cabo de tres años.

La protección contra insectos consistió en evaluar la entomofauna que se desarrolla en envases con 100g de semillas de quinua, comparando testigos (para cada variedad, $n=8$) contra tratamientos que consistían en yuxtaponer semillas de cada variedad junto a bolsas de género que contenían 10g de restos secos (enteros) ó 6g de restos molidos (harina) de una especie vegetal con potencial repelente de insectos. Se probaron dos especies vegetales con este potencial de biopesticida: *Cassia nigricans* e *Hyptis spigicera*. Las semillas evaluadas (germinación y entomofauna asociada) al cabo de tres meses fueron 8 de las 12 variedades (Boliviana,

PRP, PRJ, VI-1, UDEC9, Regalona, BO25 y BO78.

4. Estudio de respuestas al uso de compost.

Los rendimientos de las mismas 8 variedades de quinua probadas para su tolerancia al ataque de insectos en sus granos fueron probados en siembras en temporada seca (2 de diciembre de 2010 a marzo de 2011) bajo tres tratamientos de adición de enmiendas al suelo: Guano de ganado bovino/ovino (preparación en compost) en dosis de 8 ton/ha y de 4 ton/ha (testigo). Un tercer tratamiento fue compost del mismo guano pero modificado por lombrices, en dosis también de 8 ton/ha. La cosecha se realizó el 12 de marzo de 2011. Además de registrar los rendimientos se cuantificó la presencia de insectos en cada variedad campesina.

Resultados

1. Evaluaciones en estación seca.

Las 12 variedades campesinas del centro sur de Chile y las semillas de cosechas argentinas mostraron tasas de germinación entre 73% (PRP) y 97%

(Sajama). Las del norte altiplánico chileno (A64, R49, MIX) fueron recalcitrantes (sin germinación). Las temperaturas ambientales del primer período fluctuaron entre 8,7°C la mínima (enero 2008) a 36,6°C la máxima (febrero 2008), mientras que en el segundo período fueron de 14°C (mínima en diciembre 2008) y 39°C (máxima en marzo de 2009). Las humedades relativas fluctuaron entre 21% (mínima en febrero 2009) y 82% (noviembre de 2008).

Los rendimientos en grano para las siembras de 2007 fluctuaron entre menos de 0,5 Ton/ha (Sajama a la mayor densidad) hasta poco más de 2,5 ton/ha (BO25 y UdeC9 a la menor densidad) (Figura 4). En general hubo mayores rendimientos a las más bajas densidades de siembra. Seis de las 10 variedades campesinas chilenas obtuvieron rendimientos cercanos o superiores a 2 Ton/ha. Los mayores rendimientos se observaron para UdeC9, BO78, BO25, PRJ y PRP, todos provenientes del centro y sur de Chile.

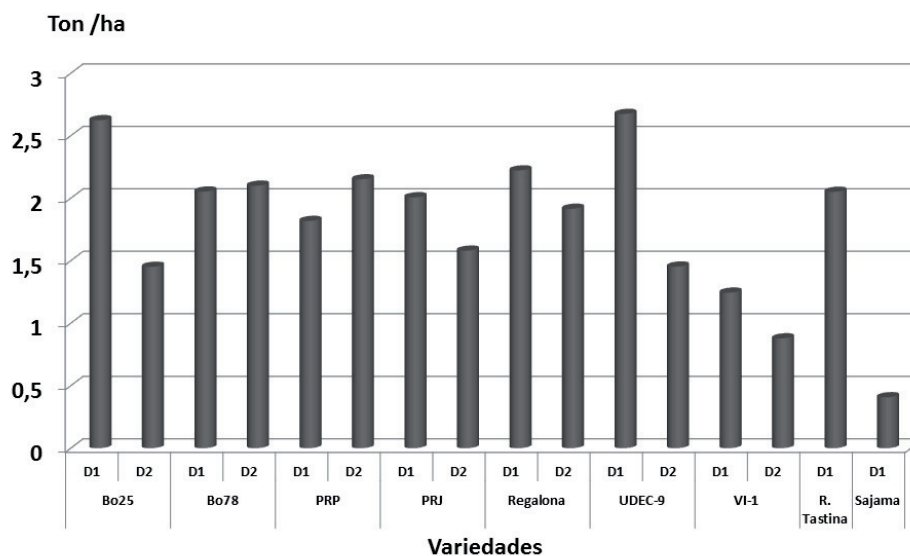


Figura 4. Rendimientos de quinua en grano (Ton/ha) para las siembras de 2007, en plantas a baja (D1) y alta (D2) densidad.

Para los rendimientos de la segunda campaña (siembras del 5 y 15 de diciembre de 2008) no hubo granos producidos en las variedades cuyas semillas provenían de cosechas argentinas (Sajama y Roja Tastina). En general se repitió mayores rendimientos a más bajas densidades de siembra. Los valores de rendimiento fluctuaron entre 0,5 y 1,5 Ton /ha; las del 15 de diciembre fueron nulos para las variedades argentinas, y los valores para las otras fluctuaron entre 0,5 y 1 ton/ha, no habiendo diferencias significativas entre ambas densidades. En las siembras del 5 de diciembre hubo menores temperaturas durante la floración que en las siembras del 15 de diciembre, con lo que hubo al menos 0,5 Ton/ha más de rendimiento en la siembra temprana.

2. Evaluaciones en estación húmeda.

Las tasas de germinación de las semillas de estos ensayos fueron levemente más altas para las variedades campesinas germinadas en algodón (rango 80%-97% ya a los dos días) que en suelo de las mismas parcelas (60%-80% a los dos días). Las variedades Sajama y Roja Tastina no germinaron y la Boliviana menos de 5%. La BO25 fue la más lenta en germinar, tanto en algodón (60% a los 5 días) como en suelo (poco más de 50% a los 5 días). La presencia de hongos en las semillas alcanzó a los cinco días mayor presencia en UdeC9, Roja Tastina y Sajama de Argentina (>70% de las semillas) y menor (<20%) en BO25 y BO78, del sur húmedo de Chile. Todas las otras variedades presentaron valores intermedios. Se desconoce el tipo de hongos y si estaban ya presentes en las semillas al momento de la cosecha. Los hongos se contabilizaron a los cinco días de incubación.

En terreno las emergencias variaron entre 23,7% para BO25 y 51,27% para VI-1. También hubo ataque de hongos a las panojas (como en la Figura 3). La variedad que mantuvo en pie más de 40 plantas al 25 de julio de 2009, y que fue menos afectada (16,7%) fue BO25 y la más afectada, con al menos 40 plantas en pie a la misma fecha fue PRP (54,5% de ataque). Las otras variedades (BO25, PRJ, UdeC9), todas con algún grado de ataque por hongos registraron menos de 15 plantas sobrevivientes a la estación húmeda. La variedad Boliviana tuvo sólo 2 plantas sobrevivientes, mientras que Roja Tastina y Sajama no presentaron plantas.

Los insectos fitófagos observados pertenecían a 30 especies (13 desconocidas), de 22 familias y 7 órdenes

diferentes (Orthoptera, Homoptera, Heteroptera, Dermaptera, Diptera, Coleóptera, Hymenoptera), mientras que los biocontroladores (entomófagos, depredadores) pertenecían a 10 familias de 5 órdenes (Orthoptera, Heteroptera, Diptera, Coleóptera, Hymenoptera).

No se cuenta con datos de rendimientos dado las altas infecciones fúngicas observadas en las dos estaciones húmedas.

3. Estudios de germinación y conservación de semillas.

Los valores de germinación de semillas obtenidas en Mali (evaluadas al quinto día) y observados a los cinco meses (6 agosto de 2008) mostraron tasas de entre 25% (Roja Tastina) y 98% (Sajama). La mayoría de ellos con valores de germinación sobre 65%. A los 11 meses (25 enero 2009) la germinación bajó de 70% para las variedades VI-1, Roja Tastina, Sajama, R49 (<5%) y Boliviana. Todas las otras con valores sobre 70%, hasta casi 100% (BO25, PRJ). A los 12 meses (4 febrero 2009) la germinación más baja fue de Roja Tastina (30%) y entre 80% (BO25) y 98% (Regalona) el resto de las variedades BO78, PRP, PRJ, VI-1, UdeC9. Las semillas almacenadas por tres años tuvieron tasas de germinación muy bajas, entre 2% (para R49) y 12% (para PRJ, UdeC9 y BO25).

Con respecto a la presencia de insectos y la conservación de granos se observó en la primera inspección de los granos de ocho variedades que sólo se detectó 2 coleópteros y sólo en semillas de la variedad La regalona, al usar 10g de materia seca de *Cassia nigricans*. Con 10 g de materia seca de *Hyptis spigicera* aparecieron además lepidópteros, pero sólo en semillas de la variedad Regalona. Con 6g de harina de *Cassia nigricans* de nuevo aparece 1 coleóptero en semillas de La Regalona pero 15 lepidópteros en semillas de la Boliviana. En cambio con 6g de harina de *Hyptis spigicera* sólo aparecen 3 coleópteros en La Regalona y un sólo lepidóptero. Algo similar ocurre con los restos secos con o sin moler, para ambas especies vegetales.

La germinación a las 120 horas es cercana al 90% en todas las variedades campesinas. Hongos aparecen en todas las variedades, con menor incidencia (20% de las semillas) en BO25 y mayor en VI-1 y UdeC9 (>50% de las semillas). Después de tres meses la aparición de radículas y cotiledones (indicadores de vigor de semillas en germinación) se ve disminuida al menos un 50% respecto del comienzo de las observaciones

(para los tratamientos con ambos vegetales secos). Esto se postula que debe relacionarse a las reacciones bioquímicas que se desatan con la imbibición de la humedad ambiental, pues el peso de las semillas subió incluso un 3% luego de los tres meses de mantenimiento de las semillas a temperatura ambiente, particularmente en las variedades altiplánicas.

4. Estudio de respuestas al uso de compost.

Los rendimientos observados con uso de compost revelaron mejores respuestas con la mitad de la dosis de compost a base de restos de guano ovino/bovino. Las ocho variedades presentaron rendimientos entre 0,8 Ton/ha (UdeC9) y 4,5 Ton/ha (BO25) con compost de lombrices (promedio 2,6 Ton/ha). Para el compost en dosis de 8 Ton/ha los rendimientos fluctuaron entre 1,8 Ton/ha (Regalona) y 4,9 Ton/ha (PRJ), observándose un promedio cercano a las 3 Ton/ha. Para la mitad de esta dosis los rendimientos fueron aun mayores, fluctuando entre 2,2 Ton/ha (BO78) y 5,7 Ton/ha (BO25 y PRP), promedio ligeramente superior a 3 Ton/ha.

Por otra parte estas enmiendas también parecen afectar la carga de insectos en las plantas. Por ejemplo con compost de lombrices la carga de Thrips no superó los 150 insectos/planta, en cambio con la dosis de 8 Ton/ha de compost normal se registraron

más de 600 Thrips/planta, y con la mitad de esta dosis sólo se encontraron 25 Thrips/planta, en el mismo período. Similares tendencias se observaron para otros insectos. Algunas variedades cuadruplicaron las abundancias observadas en ciertas épocas (PRP al comienzo).

Estado actual y perspectivas de la diseminación del cultivo en el país a 5-10-20 años.

Ya al fin de la primera campaña (2007- 2008) 9 variedades se mostraban adaptables al período seco con una producción promedio de 1 à 5 Ton/ha, superior a los rendimientos campesinos para los cereales tradicionales (mijo y sorgo) más usados en África, aunque los ensayos son aun de pequeña escala y realizados en estación experimental con parámetros controlados. Actualmente, tras cuatro años de experimentos, hay semillas congeladas suficientes para sembrar más de 200 ha. Un objetivo posible es probar la quinua en los suelos salinizados donde el cultivo de arroz ya se hace difícil (Territorios arroceros del Niger, Sélingué, perímetro de Baguinéda, Dioro, Diré). Se espera para los próximos cinco años que el pueblo Maliano esté más informado de la quinua. En el año 2008 ya se hicieron pruebas de aceptación de la quinua como alimento preparado y hubo muy buena recepción para inventar nuevas recetas con granos lavados artesanalmente para sacar las saponinas (Figura 5). En los próximos 10-20 años se podría llegar a la región de Kidal.



Figura 5. La Sra. Salimata nos muestra un plato de quinua preparado con verduras y queso, todo cocido al vapor en una tela colgada de un árbol. Las semillas provenían de las primeras cosechas experimentales en Katibougou (Mali, febrero de 2008) y las saponinas fueron lavadas artesanalmente. Esto muestra la buena aceptación culinaria de la quinua en Mali.

Hay que tener presente que la fuerza de la organización de Mali se basa no sólo en las autoridades nacionales. Los jefes de aldea y consejos de ancianos pueden tomar decisiones que son seguidas en muy poco tiempo por los campesinos. También la Asociación Nacional de las Organizaciones Campesinas Profesionales de Mali (AOPP en francés) es una plataforma importante para la difusión de las innovaciones y como interfase entre investigación y agricultores. Como ejemplo, entre 2005 y 2008 la ONG Helvetas convenció a jefes de aldea que el futuro mercado del algodón orgánico era rentable en el mercado internacional. En esos tres años Mali pasó de tener poco más de 100 productores de algodón de pequeña escala (1 ha) a seis mil, con sólo una veintena de profesionales de vulgarización del cultivo. Desgraciadamente el mercado internacional de algodón orgánico bajó sus precios (por la entrada de Turquía al mercado) y la producción ya no fue tan rentable. Sin embargo la experiencia demostró la capacidad de cambio, en muy poco tiempo, de los versátiles productores de Mali y sirvió además para que ellos volvieran a confiar en sus prácticas agroecológicas tradicionales, un tanto olvidadas por la entrada de la revolución verde y sus agroquímicos. Por ello hay esperanzas de que la quinua pueda ser una solución a amentar las posibilidades de mantener una agricultura ecológica, de un producto altamente nutritivo y tolerante a diversos estrés abióticos, sin riesgo de que pierdan su diversidad de cultivos, como una alternativa más de rotación, si este concepto se integra en la conciencia colectiva desde el inicio en la política de difusión.

Cuando consideramos las áreas potenciales de quinua para Mali, no tenemos que olvidar las parcelas cerca del Níger donde la napa es superficial y permita alimentar a plantas con raíces en profundidad. Los malos resultados de la quinua en periodo de lluvias confirman la posibilidad de sembrar estos espacios en contra estación según la agricultura de la zona con cereales. La buena fertilidad de los suelos no son factores limitantes para considerar dos producciones anuales en las parcelas lo que generaría más alimentos sin superponerse con las variedades y especies locales. Por el momento todos los ensayos estuvieron restringidos a las parcelas experimentales del IPR/IFRA.

Sin embargo los ataques de hongos fitopatógenos y la conservación de semillas frente al ataque de insectos son temas que requieren investigación de punta para afinar la época de siembra en vista de estos factores.

Por otra parte es muy probable que sea más limitante para el desarrollo de la quinua en estación seca el tipo de acceso al agua. En ello habrá que considerar la energía necesaria para obtenerla: por ejemplo bombeo desde pozos o desde del río Níger. La energía permitiría además instalar máquinas peladoras del grano en seco y así la utilización subsecuente de las saponinas para combatir plagas y enfermedades del mismo cultivo y de otros. Una vez que haya acceso al agua se necesitará cuidar de un buen manejo de los suelos para evitar la erosión, por ejemplo con el uso de compost y menor laboreo. Este estudio muestra muy bien que los rendimientos mejoran considerablemente con el uso de compost. Todos estos elementos serán más urgentes y eficaces que, por ejemplo, los procesos de mejoramiento a través de la ingeniería genética, aún muy costosos. Finalmente será muy importante seguir de cerca la información de lo que ocurre en India pues en ese país hay 700 millones de pequeños productores agrícolas de subsistencia, la mayoría vegetarianos, que tienen gran necesidad de aumentar las fuentes de proteínas de alta calidad y que ya comenzaron a adaptar variedades de quinua (Bhargava 2006).

Usos y Mercados.

Las pocas cosechas de quinua ya han sido bien utilizadas como alimento innovador en Mali (Fig. 5). La experiencia con el algodón orgánico muestra que no es bueno comenzar por los productos agrícolas de exportación, solo con un objetivo de obtener dinero. Esto porque a menudo los precios son volátiles y pueden causar tragedias locales. La producción de sorgo y mijo en Mali es para su alimentación de base; y la quinua, mucho antes que ser un elemento de mercado debería ser un complemento alimentario de alta calidad, a la mayor disposición posible de niños o personas en desnutrición que no tienen acceso regular a fuentes de proteínas animales.

Conclusión.

Se concluye que la quinua puede ser un cultivo adaptable a países subsahelianos como Mali, u

otros de ambos hemisferios, ubicados entre los 15°N y 15°S, con un clima marcado por estaciones secas y húmedas muy contrastantes. Sin embargo, en la estación de lluvias torrenciales hay un gran riesgo de pérdidas de semillas en germinación si las lluvias caen durante etapas tempranas donde la erosión de suelos es importante. Otras pérdidas pueden deberse al ataque por hongos y por insectos (tanto en estados de semilla como de plantas). La selección de variedades campesinas debería buscar subsanar estos riesgos, además de la adaptación al fotoperíodo y a las altas temperaturas en floración. Fue interesante notar que variedades del sur de Chile resultaron de buenos rendimientos en la estación seca, particularmente cuando se usó enmiendas orgánicas en los suelos y éstos mostraron semillas de mayor tolerancia a la humedad ambiental para su conservación entre siembras.

Referencias.

- Altieri MA (1995) Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture, Colorado, Westview Press.
- Anon (2010) How to feed a hungry world. *Nature*, 466:531–532.
- Bhargava A, Shukla S & D Ohri (2006) *Chenopodium quinoa*-an Indian perspective. *Industrial Crops and Products* 23:73–87.
- Bazile D (2006) State-farmer partnerships for seed diversity in Mali. Londres : IIED, 22 p. (Gatekeeper Series : IIED, 127). <http://www.iied.org/pubs/pdf/full/14519IIED.pdf>
- Bazile D, Abrami G, Dembélé S, Coulibaly H, Le Page C, Dionnet M, Chantreau J, Orsini M, Bousquet F, Pham J.L, Sangare K & G. Bezançon (2008) Modélisation multi-agents des réseaux d'échanges de semences pour la conservation de la biodiversité agricole. In : BRG. Les ressources génétiques à l'heure des génomes: 7ème Colloque national BRG, Strasbourg, France, 13-15 octobre 2008 . Paris : BRG, p. 29-50.
- Bazile D., Sidibé Amadou, Coulibaly H. (2011). Une expérience participative d'usage de la modélisation avec les paysans pour analyser la dynamique de la biodiversité des mils et sorghos dans les systèmes semenciers au Mali. Le cas de l'atelier final du projet IMAS (ANR 2008-2012) : 16-19/01/2012. *Les cahiers de l'économie rurale* (13) : 47-57.
- Bazile D., Martinez E.A., Hocdé H. & Chia E. (2012). Primer encuentro nacional de productores de quinua de Chile: una experiencia participativa del proyecto internacional IMAS a través de una prospectiva por escenarios usando una metodología de «juego de roles». *Tierra Adentro* (Chile) (97): 48-54.
- Chevassus-au-Louis B & D Bazile (2008). Cultiver la diversité. *Cahiers Agricultures*, 17 (2) : 77-78.
- Coulibaly H, Bazile D, Amadou S, & G Abrami (2008). Les systèmes d'approvisionnement en semences de mils et sorghos au Mali : production, diffusion et conservation des variétés en milieu paysan. *Cahiers Agricultures*, 17 (2) : 199-202.
- Fuentes FF, Bazile D, Bhargava A, & EA Martínez (2012). Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinua, as revealed by its genetic diversity in Chile. *The Journal of Agricultural Science* 150: 702-716.
- Gigou J (1987) L'importance de la carence en phosphore pour les cultures annuelles en Côte d'Ivoire. *Agronomie Tropicale*, 42 (1) : 20-28.
- Gigou J, Giraudy F, Koné M & M Niang (1998) Maintenir la fertilité sous coton et céréales. *Afrique agriculture* (263) : 28-45.
- Glass, RW & LA Johnson LA (1979) Revival of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a food crop. *Cereal Foods World*, 24, 458-458.
- Jacobsen Sven-Erik (2003): The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Food Reviews International*, 19:1-2, 167-177.
- Jacobsen, S E, Mujica, A & R Ortiz (2003) The global potential for quinoa and other Andean crops. *Food Reviews International*, 19, 139-148.
- Louafi S, Bazile D & JL Noyer (2013) Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis. In : Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture. Versailles : Ed. Quae, p. 185-222.
- Orsini F, Accorsi M, Gianquinto G, Dinelli G, Antognoni F, Ruiz-Carrasco KB, Martínez EA, Alnayef M, Marotti I, Bosi S & S. Biondi (2011) Beyond the ionic and osmotic response to salinity in *Chenopodium quinoa*: functional elements of successful halophytism. *Functional Plant Biology* 38:818-831.

Ruiz-Carrasco KB, Antognoni F, Coulibaly AK, Lizardi S, Covarrubias A, Martínez EA, Molina-Montenegro MA, Biondi S & A Zurita-Silva (2011) Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry* 49, 1333–1341.

Soumaré M, Bazile D, Vaksman M, Kouressy M, Diallo K & CH Diakité (2008) Diversité agroécosystémique et devenir des céréales traditionnelles au sud du Mali. *Cahiers Agricultures*, 17 (2) : 79-85.

Traoré KB, Ganry F, Oliver R & J Gigou (2004) Litter production and soil fertility in a *Vitellaria paradoxa* parkland in a catena in southern Mali. *Arid land research and management*, 18 (4): 359-368.

UNICEF (2013) Informe Anual de UNICEF (2012). New York, 54 pp. (disponible en: www.unicef.org/publication)